

Rec'd PCT/PTO 08 JUL 2004

PCT/JP 03/04217 #2

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

28.04.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 4月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-103080

[ST.10/C]:

[JP2002-103080]

出 願 人

Applicant(s):

シャープ株式会社

REC'D 16 MAY 2003

WIPO

PCT

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN

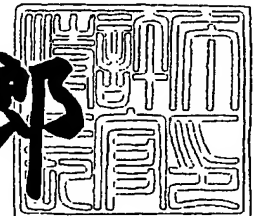
COMPLIANCE WITH

RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 4月 1日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3023101

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 01J04814

【提出日】 平成14年 4月 4日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G02B 6/42
H04B 10/00

【発明の名称】 光通信システムの製造方法

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株
式会社内

【氏名】 石井 ▲頼▼成

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株
式会社内

【氏名】 田村 壽宏

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株
式会社内

【氏名】 岩木 哲男

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株
式会社内

【氏名】 倉田 幸夫

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003082

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光通信システムの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第 1 および第 2 モジュールとを備え、上記第 1 および第 2 モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法において、

上記第 2 モジュールからの出射光に関する上記第 1 モジュールと上記光ファイバの上記第 1 モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を FR 、

上記第 1 モジュールの上記光ファイバへの結合光出力を $S1$ 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を $Smax$ 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値を $PTmin$ 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を $PTmax$ 、

上記第 2 モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 $Smax$ となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第 2 モジュール側端面および上記第 2 モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第 2 モジュールで受光される光量の上記 $Smax$ に対する割合を NR 、

上記光ファイバからの出射光の上記第 2 モジュールへの最小受信効率を $Rmin$ 、

上記第 2 モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を $Namp$ 、

上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、

上記第 2 モジュールにおいて上記第 2 モジュールからの出射光による上記第 2 モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるときに上記第 2 モジュールで受信する光信号の光量の上記 $Namp$ に対する比率を X 、

としたときに、

上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記FR__の値に応じて、

【数1】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_ * PT_{\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_ * PT_{\min}}$$

を満たすように上記S1__を設定することを特徴とする光通信システムの製造方法。

【請求項2】

1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法において、

上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率をFR__、

上記第1モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールの上記光ファイバへの結合光出力のバラツキの最小値をS1min__、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値をSmax、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値をPTmin、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値をPTmax、

上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記Smaxとなる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面およ

び上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、

上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、

上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、

上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、

上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X 、

としたときに、

上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、

【数2】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_{min_} * PT_{min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_{min_} * PT_{min}}$$

を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第1モジュールとして用いることを特徴とする光通信システムの製造方法。

【請求項3】

1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法において、

上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_{\text{—}}$ 、

上記第1モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率を $PT_{1\text{—}}$ 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最小値を S_{min} 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を PT_{max} 、

上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、

上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、

上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、

上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、

上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X 、

としたときに、

上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_{\text{—}}$ の値に応じて、

【数 3】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{Namp}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{-}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{Namp}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT1_{-}}$$

を満たすように上記 $PT1_{-}$ を設定することを特徴とする光通信システムの製造方法。

【請求項 4】

1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法において、

上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を FR_{-} 、

上記第1モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率のバラツキの最小値を $PT1_{\min}$ 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最小値を S_{\min} 、

上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{\max} 、

上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を PT_{\max} 、

上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{\max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{\max} に対する割合を NR 、

上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{\min}

n、

上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、

上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、

上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X 、
としたときに、

上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、

【数4】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT_{1min_}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT_{1min_}}$$

を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第1モジュールとして用いることを特徴とする光通信システムの製造方法。

【請求項5】

請求項1から4の何れか1項に記載の光通信システムの製造方法において、

上記光ファイバがプラスチック光ファイバであることを特徴とする光通信システムの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、1本の光ファイバと、この光ファイバの両端にそれぞれ設けられたモジュールを備え、各モジュールが光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、一芯全二重双方向通信の家庭内での応用が提案されている。

図10は、家庭における一芯全二重双方向通信の応用例を示す概念図である。この応用例では、TV、PC等の電化製品が一芯全二重双方向通信可能な光ファイバ10を利用して互いに接続されており、これにより家庭内マルチメディアネットワークが構築されている。また、家庭内マルチメディアネットワークは、ゲートウェイ等を介して外部のネットワークと接続されている。

【0003】

2000年度にはデジタル放送が開始され、さらにあと数年するとFTTH（ファイバツーザホーム）が一般家庭へ接続されることがごく普通になる。FTTHに対応するためには、上記家庭内の光ファイバに最大100Mbpsの伝送容量が要求される。また、デジタル放送に対応するためにも、ほぼ同程度の容量が要求される。さらに、ネットワーク型ゲーム機やデジタル動画編集機等による通信も上記家庭内の光ファイバを介して行われるようになる。

【0004】

このように、高画質の動画伝送を中心とした通信を実現するために、家庭内の通信には数100Mbpsの伝送容量を有し、誤りの少ない高品質の伝送方式が要求される。

【0005】

このような伝送方式の1つとしてIEEE1394による家庭内ネットワークが注目されてきている。IEEE1394は、長距離伝送および非常に低い誤り率（BER（ビット誤り率、ビットエラーレート）で 10^{-12} 未満）をサポートしており、家庭内マルチメディアネットワークにとって非常に優れた方式であると考えられている。長距離伝送の媒体としては、マルチモードの石英ファイバとPOF（Plastic Optical Fiber）が考えられているが、中でもPOFは口径が

大きい故に接続が容易で使いやすい特徴を備えている。

【0006】

ところで、一芯全二重双方向通信の実現のために、それに用いられる各部材の様々な構造が提案されている。例えば、特開平11-237535号公報（文献1）には、光送受信を行う場合の光クロストークの発生を防ぐことができる光送受信装置の構造が開示されている。

【0007】

図11は、上記公報に開示されている光送受信装置100の概略構成を示す斜視図である。この光送受信装置100は、第1信号光（レーザ光）s1を出射するレーザ発光源101と、光ファイバ111の端面111aから出射する第2信号光s2の出射方向とは異なる方向から第1信号光s1を光ファイバ111の端面111aに対して入射させる光学装置102と、光ファイバ111の端面111aから出射する第2信号光s2を受光するフォトダイオード103とを有している。そして、この光送受信装置100では、第1信号光s1を光ファイバ111の端面111aに入射させた際に第1信号光s1が光ファイバ111の端面111aで反射することで生じる反射光s3が到達する領域外に、フォトダイオード103を配置する構造を採用し、これによって近端反射光雑音による光クロストークの防止を図っている。

【0008】

また、IEEE1394のサポートする長距離伝送および低誤り率を実現するための、受信光と光クロストークとの比（光クロストーク比）に関する条件の検証もなされている。例えば、日経エレクトロニクス2000.12.4（no.784）号の167頁～176頁「10mをIEEE1394でつなぐ光伝送技術『OP i. LINK』」（文献2）には、一芯のPOFによる全二重通信を行う場合の光クロストークの規定がモデル化されている。

【0009】

これによると、上記 $BER < 10^{-12}$ を満足するためには、受信光の振幅がガウシアン雑音の分散に対して19倍以上であることが必要であり、この関係をもとにシミュレーションや実験のデータ解析を行った結果、光クロストークの振幅

が受信光の振幅に対して $1/4$ 以下、すなわち、光クロストーク比が 6.0 dB 以上となる必要があるとされている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、一芯全二重双方向通信方式では、上記文献1にて考慮されている近端反射による光クロストークだけではなく、遠端反射による光クロストークもノイズ（光クロストークノイズ）となって現れる。したがって、遠端反射による光クロストークノイズをも抑える必要がある。これは、一芯全二重双方向通信方式に特有の課題であり、二芯ファイバを用いて全二重双方向通信を行った場合には考慮しなくてもよい課題である。

【0011】

しかし、上記文献1では、光ファイバ111の端面111aにおいて発生する第1信号光s1の光クロストークに関しては記載されているが、光ファイバ111の出射端や相手モジュールで発生する反射戻り光による光クロストークに関しては考慮されていない。

【0012】

したがって、上記文献1に開示された技術に基づいたとしても、必ずしも所望とする範囲までビット誤り率を低減することはできない。

【0013】

また、上記文献2では、光ファイバの出射端や相手モジュールで発生する反射戻り光による光クロストークに関しても記載されているが、各種パラメータに対する許容光クロストーク量が一律に規定されているのみである。

【0014】

したがって、上記文献2に開示された条件に基づいて光通信システムを構成しようとした場合、各部材の光学系等の設計に要求される条件が厳しくなり、その結果、光通信システムのコストアップを招来することになる。

【0015】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができる、光通信システム

の製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_{\text{—}}$ 、上記第1モジュールの上記光ファイバへの結合光出力を $S1_{\text{—}}$ 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値を P_{Tmin} 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を P_{Tmax} 、上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X としたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_{\text{—}}$ の値に応じて、数式5を満たすように上記 $S1_{\text{—}}$ を設定することを特徴としている。

【0017】

【数 5】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_ * PT_{\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S1_ * PT_{\min}}$$

【0018】

上記の方法では、光ファイバからの出射光の第1モジュールへの受信効率を優先的に考えて光ファイバに対する第1モジュールの配置を決定することができる。したがって、第1モジュールでの受信効率が悪化することを避けることができる。ここで、第1モジュール側における受信効率と遠端反射率 $FR_$ とはトレードオフの関係にあり、受信効率を向上させると遠端反射率 $FR_$ が高くなる傾向にある。そして、第1モジュール側における遠端反射率 $FR_$ が高くなると、第2モジュールでのアイ開口率に悪影響を与えることになる。

【0019】

そこで、上記の方法では、遠端反射率 $FR_$ に応じて数式5を満たすように第1モジュールの光ファイバへの結合光出力 $S1_$ を設定する。これにより、第2モジュールのアンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を満たすようにできる。

【0020】

ここで、第1モジュール側における受信効率を優先的に考えたのは次の理由による。すなわち、本願出願人は、受信側のアイ開口率を向上するためには、受信側の受信効率の方が送信側の遠端反射率より大きく影響することを見出した。したがって、第1モジュール側における受信効率を優先的に考えてこれを高くするように第1モジュールを配置しておくこと、第1モジュール側のアイ開口率の向上を図る際の条件がより緩やかになる。このことから、送信側（ここでは第1モジュール側）における受信効率を優先的に考えて送信側の配置を決定する方が全体としてより緩やかな条件で光通信システムを製造することができるようになる。

【0021】

このように、アイ開口率の向上に大きく影響する条件を優先的に決定していくことで、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができるようになる。

【0022】

本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記第2モジュールからの出射光に関する上記第1モジュールと上記光ファイバの上記第1モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を FR_{∞} 、上記第1モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールの上記光ファイバへの結合光出力のパラッキの最小値を S_{1min} 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最小値を PT_{min} 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を PT_{max} 、上記第2モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X としたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モ

ジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、数式 6 を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第 1 モジュールとして用いることを特徴としている。

【0023】

【数 6】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_{min_} * PT_{min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_{min_} * PT_{min}}$$

【0024】

上記の方法では、第 1 モジュールとして用いるモジュールの特性を個別に設定するのではなく、同一種類のモジュールでの特性のバラツキを考慮して、何れの種類のモジュールを第 1 モジュールとして採用するかを決定することができる。これにより、モジュールの特性を個別に設定する手間を省くことができる。

【0025】

本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第 1 および第 2 モジュールとを備え、上記第 1 および第 2 モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記第 2 モジュールからの出射光に関する上記第 1 モジュールと上記光ファイバの上記第 1 モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_$ 、上記第 1 モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率を $PT1_$ 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最小値を S_{min} 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を S_{max} 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を PT_{max} 、上記第 2 モジュールか

ら、上記光ファイバへの結合光出力が上記 S_{max} となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第2モジュール側端面および上記第2モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第2モジュールで受光される光量の上記 S_{max} に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第2モジュールへの最小受信効率を R_{min} 、上記第2モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を N_{amp} 、上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第2モジュールにおいて上記第2モジュールからの出射光による上記第2モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第2モジュールで受信する光信号の光量の上記 N_{amp} に対する比率を X としたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第1モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第1モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_$ の値に応じて、数式7を満たすように上記 $PT1_$ を設定することを特徴としている。

【0026】

【数7】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT1_}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT1_}$$

【0027】

上記の方法では、第1モジュールの光ファイバへの結合光出力 $S1_$ の代わりに、第1モジュールからの出射光に関する光ファイバでの透過効率 $PT1_$ によって、第2モジュールのアンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を満たすようにできる。

【0028】

本発明に係る光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファ

イバの両端にそれぞれ設けられた第 1 および第 2 モジュールとを備え、上記第 1 および第 2 モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記第 2 モジュールからの出射光に関する上記第 1 モジュールと上記光ファイバの上記第 1 モジュール側端面とにおける反射率である遠端反射率を $FR_{_}$ 、上記第 1 モジュールに採用し得る同一種類のモジュールの群における各モジュールからの出射光に関する上記光ファイバでの透過効率のバラツキの最小値を $PT1min_{_}$ 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最小値を $Smin$ 、上記光通信システムにおいて上記光ファイバへの結合光出力として許容されている値の最大値を $Smax$ 、上記光通信システムにおいて上記光信号の上記光ファイバでの透過効率として許容されている値の最大値を $PTmax$ 、上記第 2 モジュールから、上記光ファイバへの結合光出力が上記 $Smax$ となる出射光が出射されたときに、上記光ファイバの上記第 2 モジュール側端面および上記第 2 モジュール内で発生する上記出射光の迷光成分が上記第 2 モジュールで受光される光量の上記 $Smax$ に対する割合を NR 、上記光ファイバからの出射光の上記第 2 モジュールへの最小受信効率を $Rmin$ 、上記第 2 モジュールで受信した光信号を電気信号に変換するためのアンプにおけるノイズの光量換算値を $Namp$ 、上記アンプにより変換された電気信号に求められるアイ開口率を IO 、上記第 2 モジュールにおいて上記第 2 モジュールからの出射光による上記第 2 モジュールへの反射戻り光がないと仮定した場合に、上記光通信システムにおいてビットエラーレートが許容される上限値となるとときに上記第 2 モジュールで受信する光信号の光量の上記 $Namp$ に対する比率を X としたときに、上記光ファイバからの出射光の上記第 1 モジュールへの受信効率に基づいて上記光ファイバに対する上記第 1 モジュールの配置を決定し、その配置における上記 $FR_{_}$ の値に応じて、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の上記群の中から、数式 8 を満たす群を選択し、選択した群に含まれるモジュールを上記第 1 モジュールとして用いることを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

【数 8】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_{-} * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min}}$$

【0030】

上記の方法では、第1モジュールとして用いるモジュールの特性を個別に設定するのではなく、同一種類のモジュールでの特性のバラツキを考慮して、何れの種類のモジュールを第1モジュールとして採用するかを決定することができる。これにより、モジュールの特性を個別に設定する手間を省くことができる。

【0031】

なお、上記の光通信システムの製造方法において、上記光ファイバとして一般に口径の大きいプラスチック光ファイバを用いる場合により適している。

【0032】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の一形態について図1から図9に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0033】

図1は、一芯全二重双方向通信における信号光と反射戻り光（雑音光）との関係を示す概念図である。

【0034】

本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム10（光通信システム）は、POF等のマルチモード光ファイバを伝送媒体として、家庭内通信や電子機器間通信、LAN（Local Area Network）等を使用することのできるものである。

【0035】

図1に基づいて、光ファイバの端面や相手モジュールで発生する反射戻り光に

よる光クロストークについて具体的に説明する。

【0036】

一芯全二重双方向通信には、光ファイバ11（例えばPOF）と、光ファイバ11の両端面11a・11bにそれぞれ設けられた第1および第2モジュール12a・12b（光通信モジュール）とが備えられ、第1および第2モジュール12a・12bが光ファイバ11を介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な一芯全二重双方向光通信システム10が用いられる。第1モジュール12aは、送信部13aおよび受信部14aを備えており、送信部13aにより第2モジュール12bに対して信号光s1を送信（出射）するとともに、受信部14aにより第2モジュール12bからの信号光s2を受信（受光）する。同様に、第2モジュール12bは、送信部13bおよび受信部14bを備えており、送信部13bにより第1モジュール12aに対して信号光s2を送信するとともに、受信部14bにより第1モジュール12aからの信号光s1を受信する。

【0037】

このように、一芯全二重双方向光通信システム10では、第1モジュール12aでも第2モジュール12bでも信号光の送受信が可能であるが、ここでは説明の便宜上、第1モジュール12aから送信された信号光s1の、第2モジュール12bによる受信における光クロストークの影響に注目することにする。

【0038】

信号光s1は第1モジュール12aの送信部13aより発せられ、光ファイバ11を透過した後、第2モジュール12bの受信部14bに到達する。このとき、全二重通信を行うには第2モジュール12bでも、信号光s1を受信しつつ第1モジュール12aへ信号光s2を発している。この信号光s2は、第2モジュール12bにて受信すべき信号光s1に対する雑音である光クロストークを生じさせることになる。この光クロストークは、第1モジュール12aと第2モジュール12bとの間の各界面での反射戻り光として発生する。

【0039】

具体的には、第2モジュール12bの受信部14bでの光クロストークとして、信号光s2の光ファイバ11入射側の端面11bにおける反射戻り光n1、信

号光 s_2 の光ファイバ 11 出射側の端面 11 a からの反射戻り光 n_2 、および信号光 s_2 の第 1 モジュール 12 a での反射戻り光 n_3 の 3 種類の反射戻り光が存在することになる。ここで、反射戻り光 n_1 が近端反射、反射戻り光 $n_2 \cdot n_3$ が遠端反射と呼ばれ、反射戻り光 $n_1 \sim n_3$ の合計が信号光 s_1 に対する光クロストークとなる。

【0040】

一芯全二重双方向通信において、上述した $BER < 10^{-12}$ を満足するためには、信号光 s_1 による信号成分に対し、相手側の信号光 s_2 による反射戻り光 $n_1 \sim n_3$ の合計を所定の値未満に抑える必要がある。

【0041】

従来の技術の項で説明した文献 2 では、遠端反射による光クロストークの最大値を一律に規定して考えている。しかし、遠端反射として一律に規定した値を実現するように一芯全二重双方向光通信システム 10 を構成しようとする、第 1 および第 2 モジュール 12 a・12 b の設計マージンが小さくなり、光学設計の自由度が小さくなってしまう。このように光学設計の自由度が小さくなると、量産設計時に制約が多くなり、その結果として一芯全二重双方向光通信システム 10 のコストの増大を招来する。また、遠端反射による光クロストークの最大値を一律に規定した規格を定めると、上記のような問題が当該規格への他企業の参入への障害となり、普及を促進することが難しくなってしまう。

【0042】

そこで、光学設計の自由度を確保しつつ一芯全二重双方向光通信システム 10 において $BER < 10^{-12}$ を実現するための条件について以下に説明する。

【0043】

まず、反射戻り光 $n_1 \sim n_3$ がない場合を考える。反射戻り光 $n_1 \sim n_3$ による光クロストークがない場合、 $BER < 10^{-12}$ を満足するためには、第 2 モジュール 12 b の受信部 14 b に備えられたフォトダイオード (PD) に結合する信号光の光量である信号光量 S と、初段のプリアンプによる雑音電流の rms 値を光量に換算した値であるアンプ雑音 N_{amp} とが数式 9 を満たす必要がある。

【0044】

【数 9】

$$\frac{S}{N_{amp}} > 14.1$$

【0045】

数式 9 では、一芯全二重双方向光通信システム 10 が $BER < 10^{-12}$ を満足する場合を想定している。ここで、光信号と電気信号とを等価的に考え（つまり、受光した光の振幅と、受光した光をフォトダイオードで電気信号に変換したときの電気信号の振幅とを等価的に考え）、光信号が 2 値信号の「0」を意味しているのか「1」を意味しているのかを、光信号に対応する電気信号の振幅の $1/2$ のレベルを基準に判定するものとする、光信号の BER は一般的に数式 10 のように表すことができる。なお、本明細書において「*」は乗算を意味する。

【0046】

【数 10】

$$BER = 0.5 * \left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{SN}{2\sqrt{2}}} e^{-t^2} dt \right).$$

【0047】

ここで信号雑音比 SN は、上記信号光量 S と、上記アンプ雑音 N_{amp} との比率 S/N_{amp} である。数式 10 より $BER < 10^{-12}$ を満足するのは信号雑音比 SN が 14.1 倍 (11.5 dB) のときとなる。ちなみに信号雑音比 SN が 14.1 倍であることを電気パワー比で表すと、 $14.1^2 = \text{約 } 200$ 倍、すなわち約 23 dB となる。

【0048】

本発明は $BER < 10^{-12}$ 以外の場合にも適用することができる。 BER の値を一般化して表すと数式 11 で表され、 BER が 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-11} , 10^{-12} , 10^{-13} の場合に関して、 X はそれぞれ 11.1, 12.0, 12.8, 13.5, 14.1, 14.7 となる。

【0049】

【数 1 1】

$$\frac{S}{N_{amp}} > X$$

【0050】

実際には、信号光量 S が全ユニットインターバル (UI) の間一定の値をとれるわけではない。現在、光ファイバ通信用の符号化方式としてよく使用される NRZ 符号化方式を使用した場合、最低でもビットレートの倍の -3 dB 帯域幅を持つシステムが必要とされる。例えば、 250 Mbps の伝送レートのシステムでは 125 MHz の帯域幅が必要とされる。 125 MHz のシステムのアイパターンをみるとその立上り立下り速度は $0.35 / 125\text{ MHz}$ で 2.8 nsec となる。また、光トランシーバから後段の物理層 LSI に伝える位相余裕としては、 0.4 UI 程度は最低必要とされる。上記 250 Mbps の UI は 4 nsec であるので、 0.4 UI の部分すべてにおいて最大の信号振幅を確保できるわけではなく、図 2 に示すように一般的に位相余裕すなわちアイ開口の最も厳しいエッジ部分は立上り立下りのテーパの影響を受ける部分となる。基本的にはアイ開口エッジ部で実質的な振幅 A は必要アイ開口率 IO を用いて $(1 - IO) / 2 / 0.35 * S$ と表され、上記例のように必要アイ開口率 IO が 0.4 UI の場合におけるアイ開口エッジ部の振幅 A は信号光量 S の $6/7$ の値となる。

【0051】

よって必要アイ開口率 IO が 0.3 以上の場合に関して数式 11 は数式 12 のように表される。

【0052】

【数 1 2】

$$\frac{S * (1 - IO) / 0.7}{N_{amp}} > X$$

【0053】

次に、反射戻り光 $n1 \sim n3$ がある場合を考える。反射戻り光 $n1 \sim n3$ による光クロストークがある場合、反射戻り光による雑音は光信号の光量が反射戻り光量の分だけ低減すると考えることができる。そこで、反射戻り光 $n1 \sim n3$ の

光量をそれぞれ N_1 , N_2 , N_3 とすると、最終的に数式 13 を満足する必要がある。

【0054】

【数 13】

$$(a) \quad IO \geq 0.3 \text{ のとき} \\ \frac{S \cdot (1 - IO) / 0.7 - (N_1 + N_2 + N_3)}{N_{amp}} > X$$

$$(b) \quad IO < 0.3 \text{ のとき} \\ \frac{S - (N_1 + N_2 + N_3)}{N_{amp}} > X$$

【0055】

信号雑音比 SN が最悪の状態は、通常、信号光量 S が最も小さいときに発生し、電氣的な雑音の中では上記プリアンプによるアンプ雑音 N_{amp} が支配的となる。この雑音電流に対し、上述のようにシステムの立上り立下り時間を考慮した上で、信号光量 S から反射戻り光 $n_1 \sim n_3$ に対応する光量 N_1 , N_2 , N_3 を差し引いた値をある一定値以上に維持する必要があることになる。

【0056】

なお、本明細書で用いる記号の意味をまとめると次のようになる。

アンプ雑音 N_{amp} は、第 2 モジュール 12 b の受信部 14 b における初段のプリアンプによる雑音電流の rms 値を光量に換算した値を意味する。

信号雑音比限界値 X は、反射戻り光がない場合に所定の BER を実現する信号雑音比 SN の限界値を意味する。

信号光量 S は、光ファイバ 11 から出射され、第 2 モジュール 12 b における受信部 14 b のフォトダイオードに結合する信号光の光量を意味する。信号光量 S は、出射される放射光の全光束を光パワーメータ等で受光して測定することができる。

許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} は、一芯全二重双方向光通信システム 10 において光ファイバ 11 への結合光出力として許容される値の最小値を意味する。

許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} は、一芯全二重双方向光通信システム 10

において光ファイバ 11 への結合光出力として許容される値の最大値を意味する。

送信側ファイバ結合光出力 S_1 は、第 1 モジュール 12 a (送信側) の送信部 13 a から送信される信号光 s_1 のうち光ファイバ 11 へ結合する光量を意味する。送信側ファイバ結合光出力 S_1 は、減衰の無視できる短い (例えば 1 m) 光ファイバの一端へ信号光 s_1 を結合させ、他端から出射される光の光量を測定することにより測定することができる。

送信側最小ファイバ結合光出力 S_{1min} は、同一の光源および同一の光学系を使用した第 1 モジュール 12 a の群において、光源や光学系の特性のバラツキによる上記送信側ファイバ結合光出力 S_1 のバラツキ範囲の最小値を意味する。

許容最小透過効率 PT_{min} は、一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容される光ファイバ 11 の最小透過効率を意味する。

許容最大透過効率 PT_{max} は、一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容される光ファイバ 11 の最大透過効率を意味する。

送信光透過効率 PT_1 は、第 1 モジュール 12 a (送信側) の送信部 13 a から送信され、光ファイバ 11 へ結合した光量のうちどれだけの光量が光ファイバ 11 を透過するかを示す効率を意味する。送信光透過効率 PT_1 は、長さの異なる光ファイバに対して同一のファイバ結合光出力で光を入射させ、それぞれの光ファイバからの出射光量を測定することにより算出することができる。

送信光最小透過効率 PT_{1min} は、同一の光源および同一の光学系を使用した第 1 モジュール 12 a の群からの送信光 (信号光 s_1) に関して、光源や光学系の特性のバラツキによる上記送信光透過効率 PT_1 のバラツキ範囲の最小値を意味する。

近端反射率 NR は、第 2 モジュール 12 b から送信された信号光 s_2 のうち、端面 11 b および第 2 モジュール 12 b 内での漏れ散乱等の内乱光 (迷光成分) として第 2 モジュール 12 b 自身の受信部 14 b で受信される光量を表すための値であって、そのように受信される光量の上記許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} に対する割合を意味する。

遠端反射率 FR は、第 2 モジュール 12 b から送信された信号光 s_2 のうち、第

1 モジュール 1 2 a 側の端面 1 1 a での反射率 PFR と、相手側モジュールである第 1 モジュール 1 2 a での反射率 MFR とを合わせた反射率を意味する。

最小受信効率 R_{min} は、光ファイバ 1 1 から出射される光量のうち第 2 モジュール 1 2 b における受信部 1 4 b のフォトダイオードに結合する光量の割合の最小値を意味する。

全ユニットインターバル UI (Unit Interval) は、システムの単位周期を意味する。

必要アイ開口率 IO は、上記全ユニットインターバル UI を 1 としたときの必要アイ開口率を意味する。

アイ開口エッジ部振幅 A は、アイパターンの位相余裕エッジ部での信号振幅を意味する。

【 0 0 5 7 】

なお、「一芯全二重双方向光通信システム 1 0 で許容される」とは、一芯全二重双方向光通信システム 1 0 の規格等によって許容されていることを意味する。

【 0 0 5 8 】

〔実施形態 1〕

部屋の中、または隣接する部屋にある機器間を光ファイバで結ぶ場合、1 0 m の配線長があれば十分である。ここでは、一芯全二重双方向光通信システム 1 0 における光ファイバ 1 1 として長さ 1 0 m の三菱レイヨン製 SI (ステップインデックス) 型プラスチック光ファイバ $MH4001$ を使用し、伝送容量 125Mbps の比較的低速の第 1 モジュール 1 2 a と、伝送容量 250Mbps の比較的高速の第 2 モジュール 1 2 b とが混在している場合を想定する。また、後段の物理層の LSI が要求する位相余裕は一般的な $0.4UI$ とする。

【 0 0 5 9 】

主要な構成部品は次の通りである。まず、第 1 モジュール 1 2 a (伝送容量 125Mbps 側) では、受信部 1 4 a のフォトダイオードとしてシャープ製の受光部径 $\phi 440\mu\text{m}$ 高速 $PIN-PD$ 、プリアンプとしてシャープ製 $fc125\text{MHz}$ 品 (アンプノイズ 55nA)、送信部 1 3 a の送信器としてシャープ製赤色 LED 、 LED ドライバとしてシャープ製 $fc125\text{MHz}$ のものを使用した。

また、第2モジュール12b（伝送容量250Mbps側）では、受信部14bのフォトダイオードとしてシャープ製の受光部径 $\phi 350\mu\text{m}$ 高速PIN-PD、プリアンプとしてシャープ製fc250MHz品（アンプノイズ98nA）、送信部13bの送信器としてシャープ製赤色LD（RIN-120dB）、LDドライバとしてマキシム社製Max3766を使用した。

【0060】

また、信号雑音比SNを決定する主要なパラメータの値は次の通りである。光ファイバ11における単位長さ当たりの最小透過効率は -0.51dB/m （送信器がLEDの場合）、最大透過効率は -0.15dB/m （送信器がLDの場合）である。この一芯全二重双方向光通信システム10で許容される許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} は -2.7dBm 、許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} は -10.9dBm である。光ファイバ11と受信部14a・14bのフォトダイオードとの受信結合効率の最悪値が -8dB である。反射戻り光n1による近端反射率NRは0.1%（ S_{max} 比）、反射戻り光n2・n3による遠端反射率FRは1.4%である。また、この一芯全二重双方向光通信システム10の最小消光比を10とした。

【0061】

信号雑音比SNが最悪となるのは、最小透過効率が -0.51dB/m となるLEDを使用した125Mbpsの第1モジュール12aから、最大透過効率が -0.15dB/m となるLDを使用した250Mbpsの第2モジュール12bへ光信号を送信する場合である。そこで、この最悪の組み合わせにおける信号雑音比SNを光ファイバ11のファイバ長ごとに求めた結果を図3に示す。光ファイバ11のファイバ長が10mのとき信号雑音比SNが最悪となるが、それでも目標である23dB以上を満足している。

【0062】

信号雑音比SNは、LDまたはLEDの光出力を上げる、すなわちファイバ結合光出力を相対的に底上げすることで向上させることが可能である。しかし、一芯全二重双方向光通信システム10を一般家庭で使用することを考えると、目への安全性や消費電力、発光素子の寿命等を考慮し、平均値表示で -2.7dBm

程度が限界となる。ちなみに、ファイバ結合光出力の最小値は、LEDの場合 APC等がかけられないことや光ファイバへの結合バラツキを考慮すると -10.9 dBm 程度となる。

【0063】

また、光ファイバ 11 の口径が 1 mm とフォトダイオードの受光部径に対して大きいこと、送信光に LED 光を使用した場合には光ファイバ 11 からの出射 NA が大きいこと等を考慮し、さらに送受信を波面分割若しくは偏光分割する際のロス等を考慮すると受信結合効率の最悪値は -8 dB 程度になる。

【0064】

遠端反射率 FR は、例えば、光ファイバ 11 が SI 型プラスチック光ファイバの場合、端面斜め加工や球加工によりある程度減らすことが可能であり、光ファイバ 11 自体の遠端反射率 PFR を 0.7% 程度に抑えることができる。また、相手モジュールによる遠端反射率に関しても、素子の傾斜等の対策を施すことにより実験上 0.7% 程度に抑えることができることを確認した。そこで、反射戻り光 $n_2 \cdot n_3$ による遠端反射率 FR は 1.4% とした。

【0065】

近端反射率 NR は、光ファイバ 11 の入射端での散乱等を考慮すると許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} の $1/1000$ が妥当な値となる。

【0066】

この場合、図 3 に示すように 10 m 伝送した後も電気パワー換算した信号雑音比 SN は 23 dB 以上得られ、 $BER < 10^{-12}$ の非常に優れた伝送品質を得ることができる。

【0067】

一方、遠端反射率 FR が仮に 2.4% になってしまうと、信号雑音比 SN は図 4 に示すように 10 m 伝送すると 20.5 dB となり、目標となる 23 dB を満足することができなくなる。

【0068】

ここで、一芯全二重双方向光通信システム 10 において、第 1 モジュール 12 a から第 2 モジュール 12 b へ信号を伝送する場合を考える。

【0069】

上記数式13(a)は数式14に変形することができる。ここで、第2モジュール12bの受信部14bに備えられたフォトダイオードに結合する信号光の光量である信号光量Sとしては、信号雑音比SNが最悪となる条件を想定する必要がある、このとき信号光量Sは数式15のように表すことができる。

【0070】

【数14】

$$(1-IO)/0.7 > \frac{(N1+N2+N3)}{S} + X * \frac{Namp}{S}$$

【0071】

【数15】

$$S = S_{min} * PT_{min} * R_{min}$$

【0072】

ここで、許容最小透過効率PTminは一芯全二重双方向光通信システム10で許容される光ファイバ11の最小透過効率であり、上記単位長さ当たりの最小透過効率に光ファイバ11の長さを乗じたものである。また、最小受信効率Rminは光ファイバ11から出射される光量のうちフォトダイオードに結合する光量の割合であり、(フォトダイオードに結合する光量) / (光ファイバから出射される光量) の値で表される。

【0073】

また、光クロストークとなる反射戻り光n1～n3の光量の合計N1+N2+N3は、図1より光クロストークとなる自分自身の信号光量が最も強いときを想定して数式16のように表すことができる。

【0074】

【数16】

$$N1+N2+N3 = S_{max} * ((MFR+PFR) * PT_{max}^2 * R_{min}) + NR$$

【0075】

ここで、許容最大透過効率PTmaxは一芯全二重双方向光通信システム10で許容される光ファイバ11の最大透過効率であり、上記単位長さ当たりの最大

透過効率に光ファイバ11の長さを乗じたものである。

【0076】

これらを数式14に代入して整理すると数式17(a)が得られる。同様に、数式13(b)を変形することにより数式17(b)が得られる。BERを所定値未満とするためには数式17を満足する必要がある。

【0077】

【数17】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT_{min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT_{min}}$$

【0078】

なお、数式17(a)(b)の各右辺における分母と遠端反射率FRとが主に第1モジュール12aによって決定され、遠端反射率FR以外の分子が主に第2モジュール12bによって決定されることになる。

【0079】

ここで、一般に、許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} や許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} は、一芯全二重双方向光通信システム10の規格により定められる。また、許容最大透過効率 PT_{max} および許容最小透過効率 PT_{min} は、使用する光源の波長と励振NAに依存し、通常はこの波長および励振NAも規格で定められる。したがって、規格を満たす一芯全二重双方向光通信システム10は、ファイバ結合光出力が許容最小ファイバ結合光出力 S_{min} ～許容最大ファイバ結合光出力 S_{max} の範囲で、光ファイバ11の透過効率が許容最小透過効率 PT_{min} ～許容最大透過効率 PT_{max} の範囲のものとなる。

【0080】

信号雑音比SNを所定値以上とするためには、受信側、つまり第2モジュール12b側で近端反射率NRと最小受信効率 R_{min} との比率 NR/R_{min} 、お

よびアンプ雑音 N_{amp} と最小受信効率 R_{min} との比率 N_{amp}/R_{min} を一定値未満にするか、送信側、つまり第1モジュール12a側で遠端反射率 FR を一定値未満にする必要がある。

【0081】

ここで、一芯全二重双方向光通信システム10全体を考えると、受信時は相手側モジュール、すなわち送信側モジュールの遠端反射率 FR の値さえ決まっていれば、一芯全二重双方向光通信システム10で許容されるファイバ結合光出力 $S_{min} \sim S_{max}$ の範囲で、光ファイバ11の許容透過効率 $PT_{min} \sim PT_{max}$ の範囲を考慮して、 NR/R_{min} の値を数式17を満足するように設定すればよいことになる。すなわち、 NR/R_{min} の値は条件を満たす範囲で任意に調整可能であるが、遠端反射率 FR は受信側では調整できないので送信側で一定値未満にしておく必要がある。

【0082】

本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム10の場合、近端反射率 NR は光ファイバ11への信号光 s_2 の入射時の散乱等により約0.1%、最小受信効率 R_{min} は受信部14bのフォトダイオードと光ファイバ11のファイバ径の差や、送受信の分割効率、ファイバ放射光の広がり等のため下限は最悪20%程度となり、 NR/R_{min} の値は0.005になる。

【0083】

上述のように遠端反射率 FR は送信側で一定値未満にする必要があるが、例えば短距離で、かつ、光ファイバ11の透過効率が大きい上述した一芯全二重双方向光通信システム10の場合、送信側の遠端反射率 FR を非常に小さい値にする必要がある。その結果、モジュールの設計の自由度が下がってしまう。

【0084】

そこで本実施形態では、次のようにして各条件を定めることとする。

数式17において遠端反射率 FR を所定値未満にできない場合、この遠端反射率 FR を変数と考える。遠端反射は送信側（ここでは第1モジュール12a側）で発生する反射であるので、送信信号自体にノイズが加算されていると考えてもよい。

【0085】

そして、そのノイズ分、送信側ファイバ結合光出力 $S1$ を上げておくと、遠端反射で増大したノイズ分をキャンセルすることが可能になる。数式17における「 S_{min} 」の部分はこの一芯全二重双方向光通信システム10で許容されるファイバ結合光出力 $S_{min} \sim S_{max}$ の範囲を逸脱しなければ送信側で任意に設定することができる値である。したがって、数式17における「 S_{min} 」の部分を調整可能な変数である送信側ファイバ結合光出力 $S1_$ と考えることができる。

【0086】

その結果、数式17を数式18のように表すことができる。なお、記号の後に付した「 $_$ 」は、その記号が変数であることを示している。

【0087】

【数18】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_ * PT_{min}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S1_ * PT_{min}}$$

【0088】

したがって、遠端反射率 FR の値によって、送信側ファイバ結合光出力 $S1$ を調整すれば比較的大きな遠端反射も許容されることになる。上記具体例の場合、例えば送信側ファイバ結合光出力 $S1$ を -10.5 dBm とするだけで、遠端反射率 FR を2%まで許容できるようになる。

【0089】

また、送信側ファイバ結合光出力 $S1$ でなく、数式17における許容最小透過効率 PT_{min} は、送信側である第1モジュール12aにおける送信部13aから送信される送信光（信号光 $s1$ ）の励振 NA を変更する、あるいは波長を管理することで向上させることができる。そこで、数式17における「 PT_{min} 」

の部分进行调整可能な変数である送信光透過効率 $PT1_$ として考えると、数式 17 を数式 19 のように表すことができる。

【0090】

【数 19】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT1_}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{max} * (\frac{NR}{R_{min}} + FR_ * PT_{max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{min}}}{S_{min} * PT1_}$$

【0091】

このように送信側ファイバ結合光出力 $S1_$ または送信光透過効率 $PT1_$ を変化させたときに、信号雑音比 SN が 14.1 倍（光パワー比、電気パワー比では 200 倍）を満たす遠端反射率 FR を求めたグラフをそれぞれ図 5 および図 6 に示す。送信側ファイバ結合光出力 $S1_$ または送信光透過効率 $PT1_$ が大きいほど、許容できる遠端反射率が大きくなることがわかる。

【0092】

そこで、本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム 10 の製造方法では、数式 18 に基づいて、第 1 モジュール 12a 側における遠端反射率 $FR_$ に応じて、第 1 モジュール 12a の光ファイバ 11 への結合光出力である送信側ファイバ結合光出力 $S1_$ を調節する。

【0093】

あるいは、本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム 10 の製造方法では、数式 19 に基づいて、第 1 モジュール 12a 側における遠端反射率 $FR_$ に応じて、第 1 モジュール 12a から出射される第 1 信号光 $s1$ に関する光ファイバ 11 での透過効率である送信光透過効率 $PT1_$ を調節する。

【0094】

これらの製造方法では、まず、実際に一芯全二重双方向光通信システム 10 を構成する部材を用いて、第 1 モジュール 12a 側における遠端反射率 $FR_$ を把

握する。そして、把握した遠端反射率 FR_{-} に基づいて送信側ファイバ結合光出力 $S1_{-}$ あるいは送信光透過効率 $PT1_{-}$ を調節する。

【0095】

ここで、遠端反射率 FR_{-} に応じて送信側ファイバ結合光出力 $S1_{-}$ あるいは送信光透過効率 $PT1_{-}$ を調節することの利点についてさらに説明する。

【0096】

一般に、各種光学系において光ファイバから出射される光の受信器への受信効率と遠端反射率とはトレードオフの関係にあることが確認されている。このことは、受信効率と遠端反射率との関係の一例を示す図7に現れている。図7は、直径1mmのPOFを使用し、光ファイバ端の光線におけるピーク強度の半値となる角度で表現した出射NAが0.35となる光量分布のときの受信効率と、受信器からの遠端反射率との関係を求めたものである。

【0097】

この理由を図8に基づいて説明する。図8は、光ファイバ21から出射される光の受信器22への受信効率と遠端反射率とがトレードオフの関係にあることを説明するための図面である。

【0098】

遠端反射率を小さくするために、出射光 $s21$ の反射光 $s22$ を光ファイバ21へ幾何学的に戻さないようにするには、図8(b)に示すように受信器22の受光面22aを傾斜させるのがよい。しかし、受光面22aを傾斜させると、出射光 $s21$ に対する受信器22の実質的な受光面積が低下する、つまり出射光 $s21$ の受信器22上での投影面積が広がることになる。このことから、光ファイバから出射される光の受信器への受信効率と遠端反射率とはトレードオフの関係にあることがわかる。

【0099】

次に、受信効率と遠端反射率とが信号雑音比SN（アイ開口率IO）に対してどのように影響するかを考える。上記数式18からわかるように、遠端反射率 FR_{-} は1項に影響を及ぼすのみであるが、受信効率（数式18における最小受信効率 R_{min} ）は2項にわたって影響を及ぼす。したがって、受信効率の方が信

号雑音比SNに与える影響が大きいと予想される。

【0100】

このことは、図9により確認することができる。図9は、500Mbpsで伝送する試作品において受信効率と遠端反射率がアイ開口率IOにどのような影響を及ぼすかを調べた結果を表すグラフである。図9(a)は、遠端反射率1.4% (受信器の反射率0.7%、受信器側光ファイバ端面の反射率0.7%)、図9(b)は、遠端反射率2.1% (受信器の反射率1.4%、受信器側光ファイバ端面の反射率0.7%) の場合を示している。図9(a)と図9(b)とを比較すると、図9(a)の場合に対して図9(b)の場合では遠端反射率が1.5倍になっているが、双方で同一のアイ開口0.8nsを得るためには、受信効率を-5.9dBから-5.7dBへと僅か0.2dB(0.1%)改善すればよいことがわかる。

【0101】

このことから、受信器側において遠端反射率を犠牲にしても受信効率がよい光学系を作成したほうが性能の良い(信号雑音比SNがよい、アイ開口率IOが大きい、BERが低い)受信器が得られることがわかる。

【0102】

ここで、図1に示した一芯全二重双方向光通信システム10について考える。注意しなければならないことは、第2モジュール12bが受信効率を上げることで、第2モジュール12b自体の信号雑音比SNを改善することができるが、第2モジュール12bにおける遠端反射率(第1モジュール12aからみた第2モジュール12bの遠端反射率)を上げようが下げようが第2モジュール12b自体の信号雑音比SNには影響しない。第2モジュール12bにおける遠端反射率は第2モジュール12bでの受信ではなく第1モジュール12aでの受信に影響を及ぼす。つまり、第2モジュール12bの信号雑音比SNには第2モジュール12bの受信効率と第1モジュール12aにおける遠端反射率とが影響を及ぼす。

【0103】

このような関係から、第1モジュール12aと第2モジュール12bとの間で

遠端反射率を予め定められた値に調節するようにすると、遠端反射率によって拘束されることにより信号雑音比 SN に影響が大きい受信効率が犠牲になり、結果的に信号雑音比 SN の向上を阻害することがある。このことは、遠端反射率と送信光透過効率との関係においてもほぼ同様に成り立つ。

【0104】

そこで、本実施形態の製造方法では、光ファイバ 11 からの出射光の第 1 モジュール 12 a への受信効率を優先的に考え、この受信効率に基づいて光ファイバ 11 に対する第 1 モジュール 12 a の配置を決定する。具体的には、例えば受信効率が最も高くなるように光ファイバ 11 に対する第 1 モジュール 12 a（特に受信部 14 a）の配置を決定する。これは、例えば図 8（a）のような配置になる。そして、その配置における遠端反射率 FR_{-} の値を把握し、その遠端反射率 FR_{-} の値に応じて、数式 18 あるいは数式 19 を満たすように送信側ファイバ結合光出力 $S1_{-}$ あるいは送信光透過効率 $PT1_{-}$ を設定する。

【0105】

つまり、送信側における受信効率を優先させたことによる送信側における遠端反射率の増大を、送信側自体の送信側ファイバ結合光出力を調節する、あるいは送信側自体から送信される信号光の特性を調節するなどして信号光の光ファイバ透過効率を調節することで、受信側にて受信される信号光の品質を補償することができる。その結果、要求される信号雑音比 SN （アイ開口率 IO 、 BER ）の条件を満たした一芯全二重双方向光通信システム 10 を製造することが可能になる。

【0106】

また、図 8（a）の構成のように図 8（b）の構成と比較してシンプルな構成をとりつつ信号雑音比 SN の向上を図ることができるため、製造コスト面で有利な一芯全二重双方向光通信システム 10 を製造することができる。

【0107】

なお、ここでは第 1 モジュール 12 a を送信側、第 2 モジュール 12 b を受信側と考えた場合について説明したが、第 2 モジュール 12 b を送信側、第 1 モジュール 12 a を受信側と考えて上記と同様の設定を行うことで、全体として要求

される信号雑音比 SN の条件を満たした一芯全二重双方向光通信システム 10 を製造することが可能になる。

【0108】

〔実施形態 2〕

実施形態 1 では、数式 18 に基づいて、第 1 モジュール 12 a 側における遠端反射率 $FR_{\text{—}}$ に応じて、数式 18 に基づいて第 1 モジュール 12 a の光ファイバ 11 への結合光出力である送信側ファイバ結合光出力 $S1_{\text{—}}$ を調節する、あるいは数式 19 に基づいて第 1 モジュール 12 a から出射される第 1 信号光 $s1$ に関する光ファイバ 11 での透過効率である送信光透過効率 $PT1_{\text{—}}$ を調節するようにした。

【0109】

この場合、各モジュールについて遠端反射率を把握した上で送信側ファイバ結合光出力や信号光の光ファイバ透過効率を個々に調節する必要がある。

【0110】

しかし、送信側ファイバ結合光出力や信号光の光ファイバ透過効率は、送信側である第 1 モジュール 12 a の送信部 13 a 自体の光学系や光源の種類が決まれば自ずとそのバラツキ範囲が決まることになる。そして、そのバラツキ範囲が一芯全二重双方向光通信システム 10 で許容される許容最小ファイバ結合光出力 S_{\min} または許容最小透過効率 PT_{\min} 内に収まっていれば問題ないことになる。

【0111】

例えば、上記の例では、第 1 モジュール 12 a の送信部 13 a の光源として LED を用いた場合の最小ファイバ透過効率は 10 m で -5.1 dB であるのに対し、LD を用いた場合は -3.1 dB となる。また、LED を用いた場合の最小ファイバ結合光出力は -10.9 dB であるのに対し、LD を用いた場合 $-7\text{ dB} \sim -10\text{ dB}$ となる。これらは上述のように使用する光源の種類およびその仕様、光学系によって定まる。

【0112】

そこで、本実施形態における一芯全二重双方向光通信システム 10 の製造方法

では、遠端反射率と、同一種類のモジュール群の中でとりうる送信側最小ファイバ結合光出力 $S1min$ あるいは送信光最小透過効率 $PT1min$ とに基づいて、第1モジュール12aとして採用するモジュール群を決定する。

【0113】

ここで、送信側最小ファイバ結合光出力 $S1min$ とは、同一種類のモジュールの群における各モジュールの光ファイバ11への結合光出力のバラツキの最小値を意味し、送信光最小透過効率 $PT1min$ とは、同一種類のモジュールの群における各モジュールから出射される信号光に関する光ファイバ11での透過効率のバラツキの最小値を意味する。また、同一種類のモジュールとは、注目する特性（ここでは結合光出力に関係する光出力特性や、透過効率に関係する波長特性等）に関して互いに同一の特性を有するように形成されたモジュールを意味する。

【0114】

ここで、数式17における「 $Smin$ 」の部分を変数である送信側最小ファイバ結合光出力 $S1min_$ として考えると、数式17を数式20のように表すことができる。また、数式17における「 $PTmin$ 」の部分を変数である送信光最小透過効率 $PT1min_$ として考えると、数式17を数式21のように表すことができる。

【0115】

【数20】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{Smax * (\frac{NR}{Rmin} + FR_ * PTmax^2) + X * \frac{Namp}{Rmin}}{S1min_ * PTmin}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{Smax * (\frac{NR}{Rmin} + FR_ * PTmax^2) + X * \frac{Namp}{Rmin}}{S1min_ * PTmin}$$

【0116】

【数 21】

(a) $IO \geq 0.3$ のとき

$$\frac{(1-IO)}{0.7} > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min_}}$$

(b) $IO < 0.3$ のとき

$$1 > \frac{S_{\max} * (\frac{NR}{R_{\min}} + FR_ * PT_{\max}^2) + X * \frac{N_{amp}}{R_{\min}}}{S_{\min} * PT_{1\min_}}$$

【0117】

そして、第1モジュール12aとして採用の可能性のあるモジュールの群であって、互いに異なる種類のモジュールからなる複数の群について、各群における送信側最小ファイバ結合光出力 $S_{1\min}$ あるいは送信光最小透過効率 $PT_{1\min}$ を各群ごとに予め求めておき、第1モジュール12a側における遠端反射率 $FR_$ に応じて、それぞれ数式20あるいは数式21を満たす群を選択する。この選択した群に含まれるモジュールを第1モジュール12aとして採用することで、要求される信号雑音比 SN の条件を満たした一芯全二重双方向光通信システム10を製造することが可能になる。

【0118】

なお、光ファイバ11からの出射光の第1モジュール12aへの受信効率を優先的に考えて、光ファイバ11に対する第1モジュール12aの配置を決定する点は実施形態と同様である。

【0119】

数式20または数式21によると、数式18または数式19と比較して許容できる遠端反射率の範囲は狭くなるが、モジュールの特性を個別に調節する手間が省けることになる。

【0120】

なお、上記実施形態1または2では、送信側ファイバ結合光出力 $S_{1_}$ または送信側最小ファイバ結合光出力 $S_{1\min_}$ と、送信光透過効率 $PT_{1_}$ または送信光最小透過効率 $PT_{1\min_}$ とを、それぞれ単独で変数と考えているが、これに限らず、数式17の分母として考え得る値、すなわち、

$(\text{送信側ファイバ結合光出力 } S1_) \times (\text{送信光透過効率 } PT1_)$ 、
 $(\text{送信側最小ファイバ結合光出力 } S1\text{min}_) \times (\text{送信光最小透過効率 } PT1\text{min}_)$ 、
 $(\text{送信側ファイバ結合光出力 } S1_) \times (\text{送信光最小透過効率 } PT1\text{min}_)$
 、または
 $(\text{送信側最小ファイバ結合光出力 } S1\text{min}_) \times (\text{送信光透過効率 } PT1_)$
 それぞれを変数と考えることもできる。

【 0 1 2 1 】

【発明の効果】

本発明の光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記FR_の値に応じて、数式18あるいは数式19を満たすようにS1_あるいはPT1_を設定する方法である。

【 0 1 2 2 】

上記の方法では、アイ開口率の向上に大きく影響する条件を優先的に決定していくことで、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができるようになる。

【 0 1 2 3 】

本発明の光通信システムの製造方法は、1本の光ファイバと、上記光ファイバの両端にそれぞれ設けられた第1および第2モジュールとを備え、上記第1および第2モジュールが上記光ファイバを介してそれぞれ同時に光信号の送受信可能な光通信システムの製造方法であって、上記FR_の値に応じて、数式20あるいは数式21を満たすような群に含まれるモジュールを第1モジュールとして用いる方法である。

【 0 1 2 4 】

上記の方法では、第1モジュールとして用いるモジュールの特性を個別に設定する手間を省くことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

一芯全二重双方向通信における信号光と反射戻り光（雑音光）との関係を示す概念図である。

【図 2】

必要アイ開口率を説明するためのアイパターンを表した図面である。

【図 3】

信号雑音比 SN と光ファイバのファイバ長との関係を表すグラフである。

【図 4】

信号雑音比 SN と光ファイバのファイバ長との関係を表すグラフである。

【図 5】

送信側ファイバ結合光出力と許容遠端反射率との関係を示すグラフである。

【図 6】

送信光透過効率と許容遠端反射率との関係を示すグラフである。

【図 7】

受信効率と、受信器からの遠端反射率との関係を表すグラフである。

【図 8】

光ファイバから出射される光の受信器への受信効率と遠端反射率とがトレードオフの関係にあることを説明するための図面である。

【図 9】

受信効率と遠端反射率とがアイ開口率 IO にどのような影響を及ぼすかを調べた結果を表すグラフである。

【図 10】

家庭における一芯全二重双方向通信の応用例を示す概念図である。

【図 11】

従来の光送受信装置の概略構成を示す斜視図である。

【符号の説明】

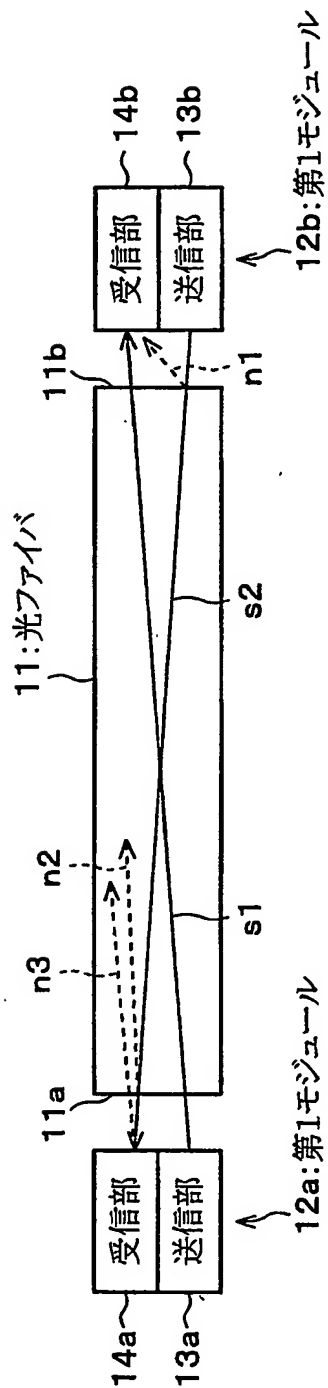
- 10 一芯全二重双方向光通信システム（光通信システム）
- 11 光ファイバ
- 11a 端面

- 1 1 b 端面
- 1 2 a 第 1 モジュール
- 1 2 b 第 2 モジュール
- 1 3 a 送信部
- 1 3 b 送信部
- 1 4 a 受信部
- 1 4 b 受信部

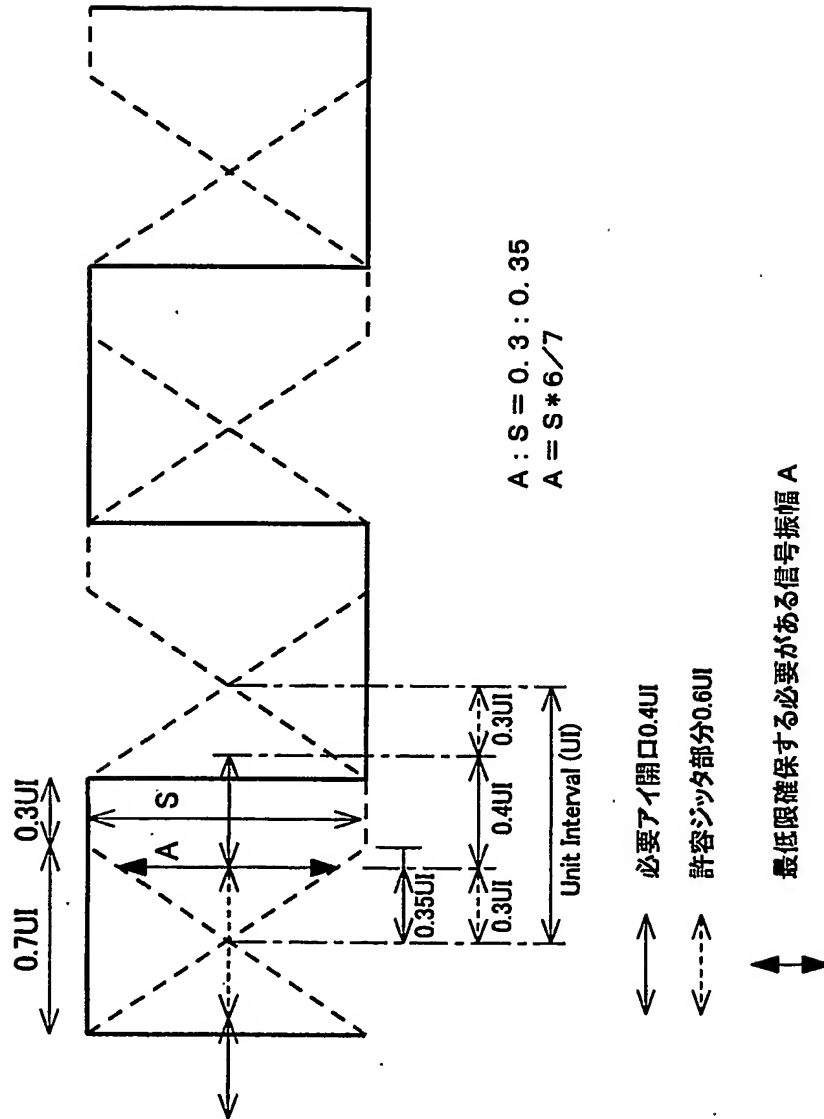
【書類名】 図面

【図 1】

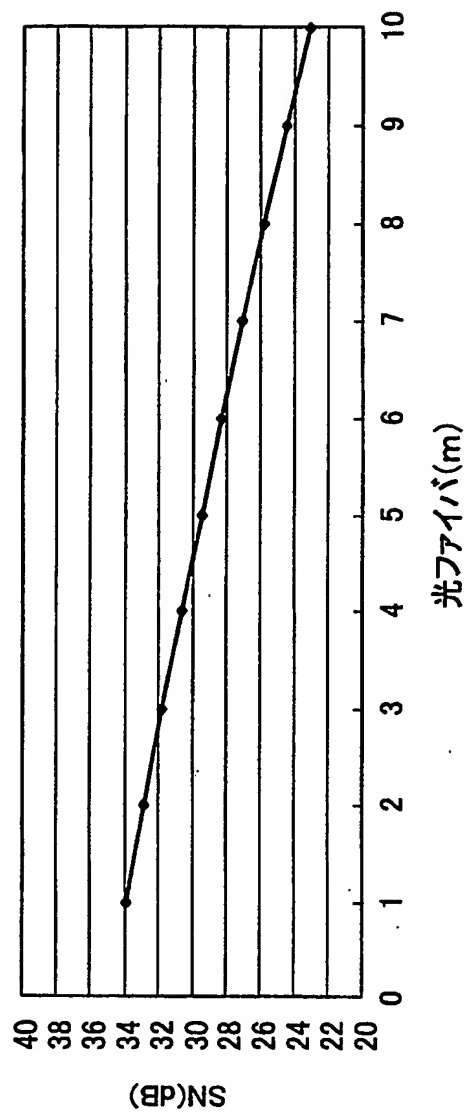
10



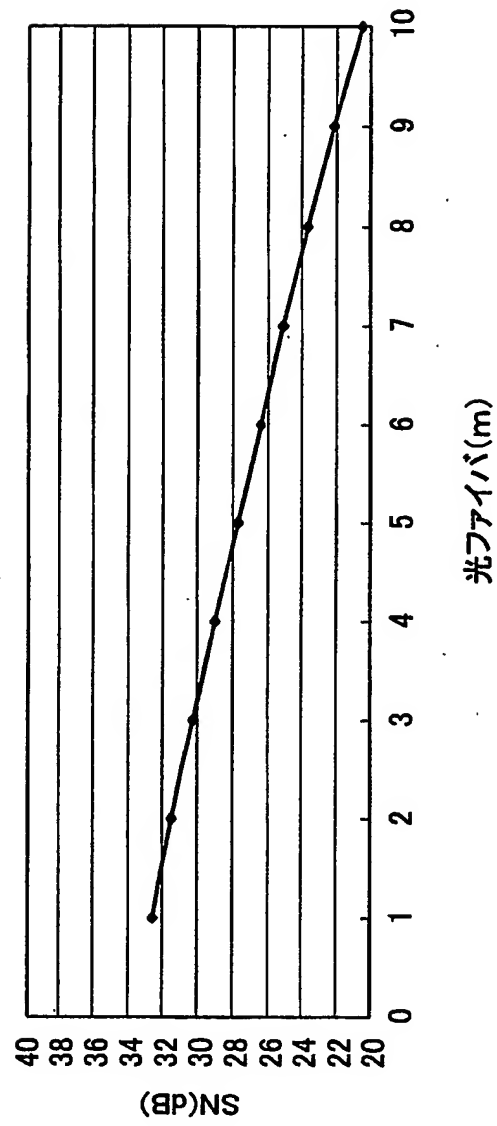
【図 2】



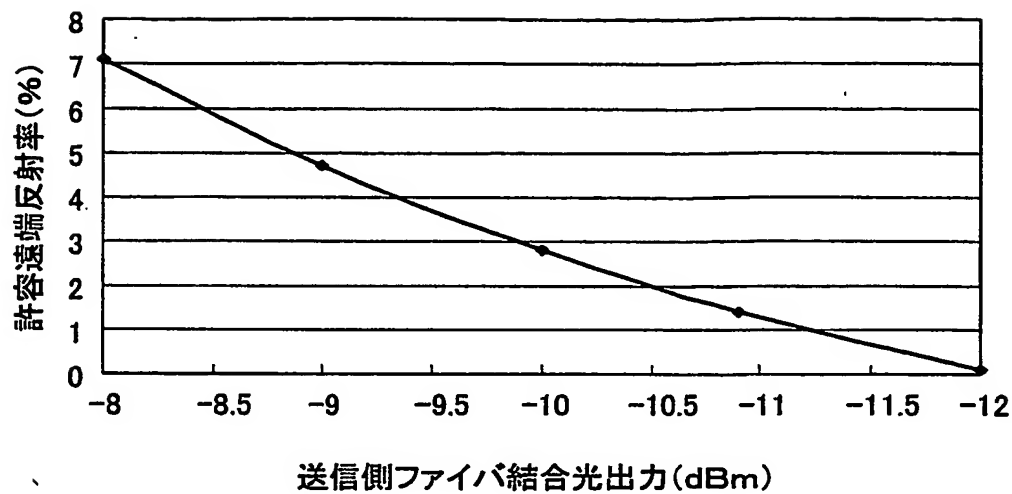
【図 3】



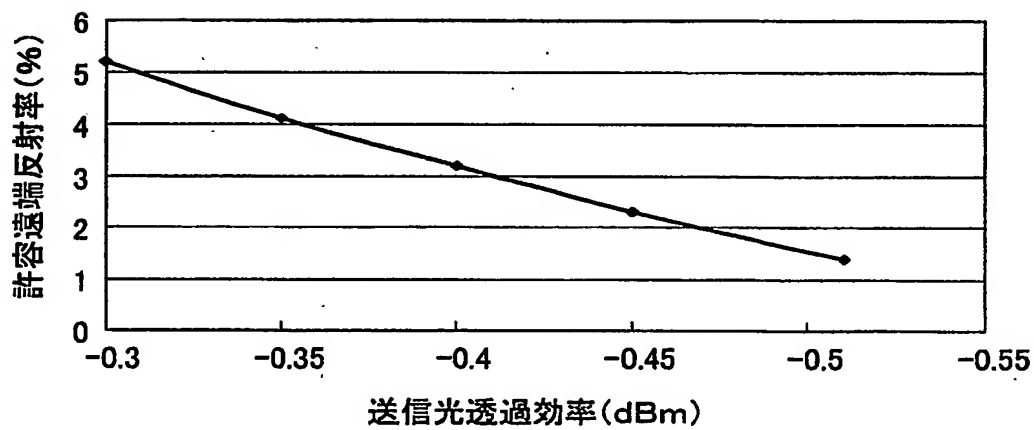
【図 4】



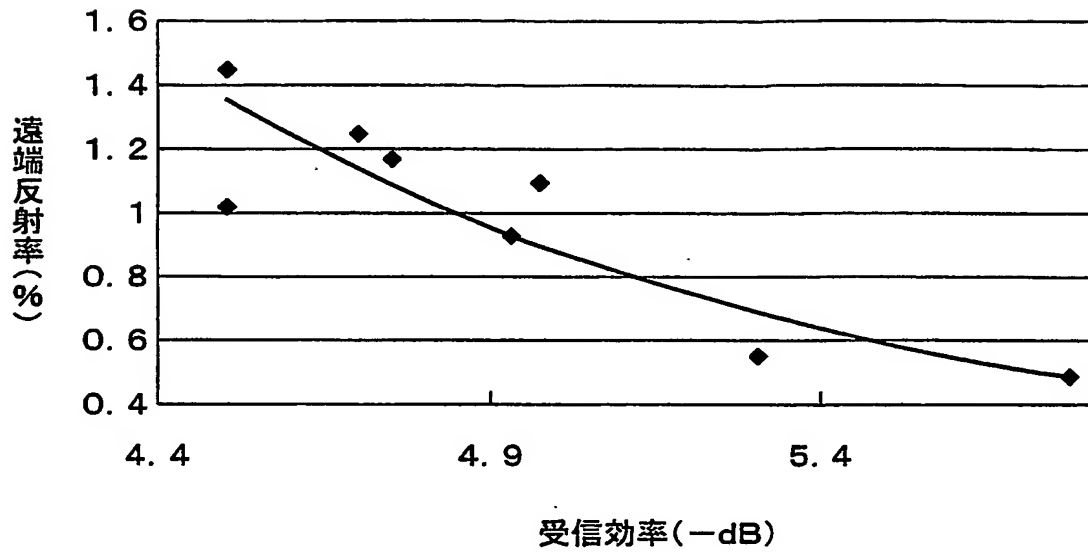
【図 5】



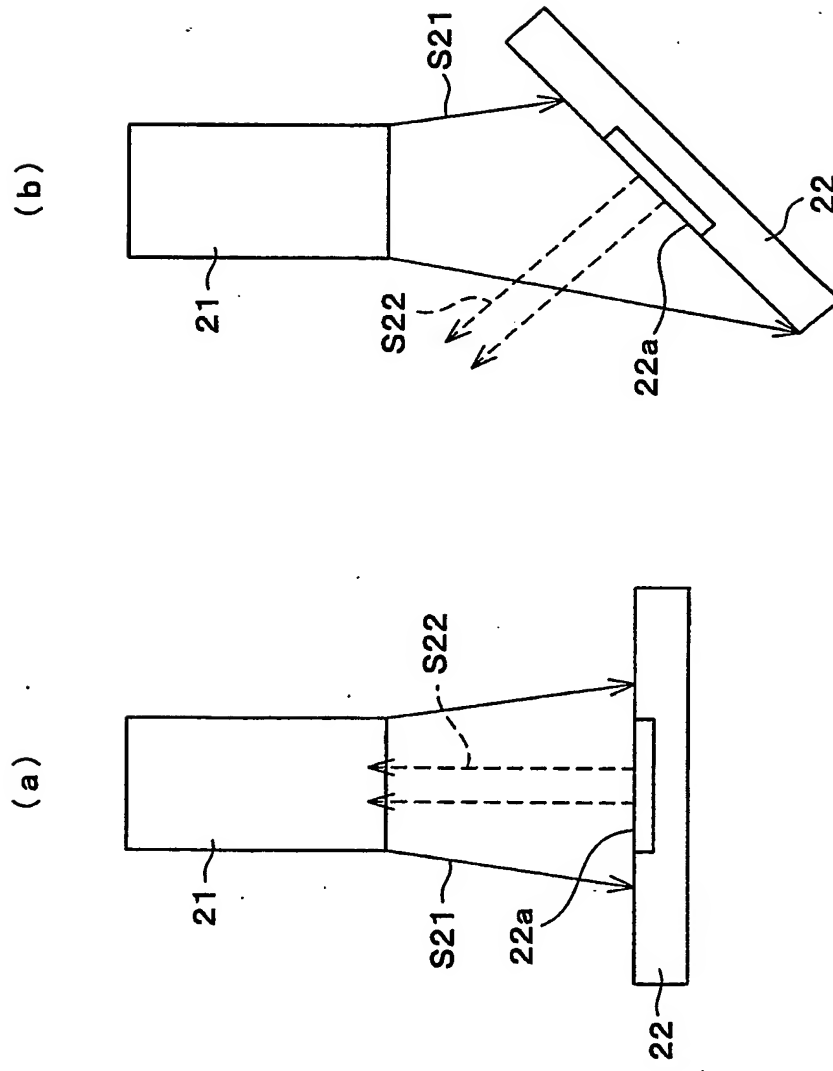
【図 6】



【図 7】

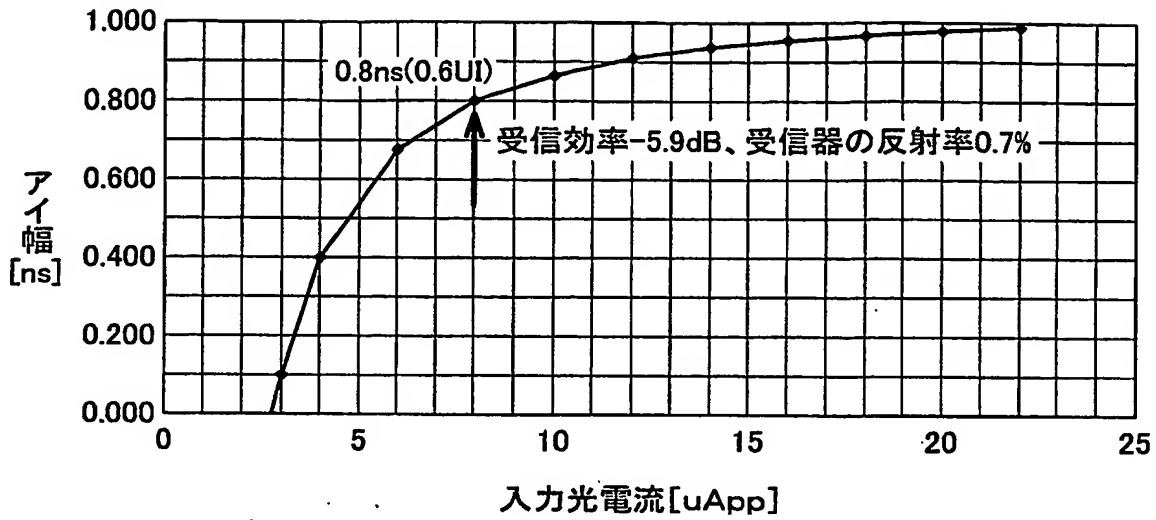


【図 8】

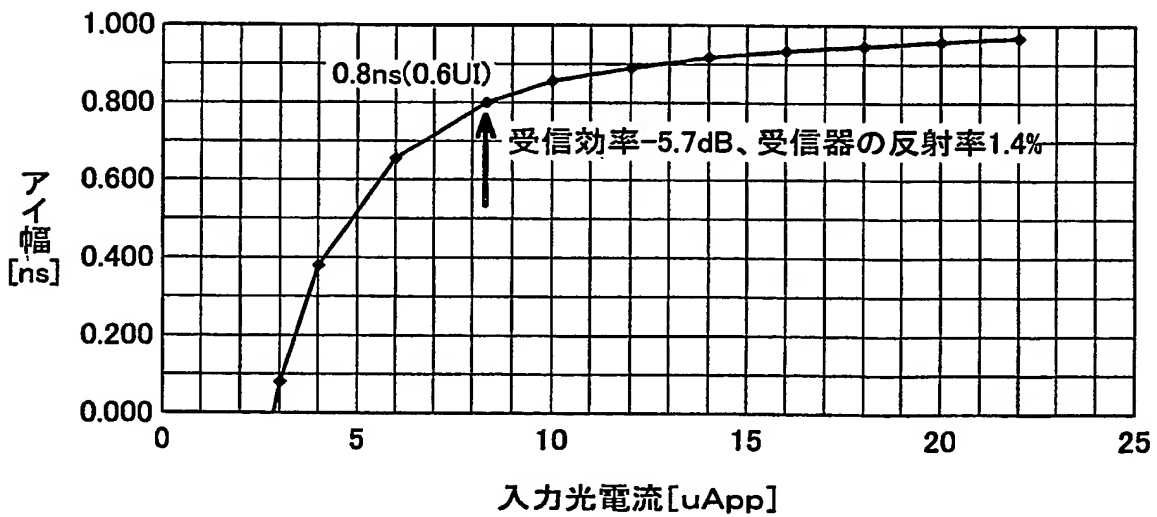


【図 9】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができる、光通信システムの製造方法を提供する。

【解決手段】 光ファイバ 1 1 からの出射光の第 1 モジュール 1 2 a への受信効率に基づいて光ファイバ 1 1 に対する第 1 モジュール 1 2 a の配置を決定し、その配置における第 1 モジュール 1 2 a 側の遠端反射率の値に応じて、所定の数式を満たすように第 1 モジュール 1 2 a の光ファイバ 1 1 への結合光出力を設定する。アイ開口率の向上に大きく影響する条件を優先的に決定していくことで、製造上の自由度を上げて低コストの光通信システムを製造することができるようになる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社